

MAGNETIC RESISTANCE EFFECT ELEMENT

Patent Number: JP11087803

Publication date: 1999-03-30

Inventor(s): OIKAWA SATORU; MAEDA ATSUSHI

Applicant(s): SANYO ELECTRIC CO LTD

Requested Patent: JP11087803

Application Number: JP19970244015 19970909

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L43/08 ; G11B5/39 ; H01F10/00

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a magnetic resistance change rate and at the same time magnetic sensitivity, by dispersing a projecting part in an island shape for forming a foundation layer, and by laminating ferromagnetic and non-magnetic conductive layers on the foundation layer.

SOLUTION: A first foundation layer 2 consisting of Ta is formed on a substrate 1 consisting of Si, and a second foundation layer 3 consisting of Cu is formed on the first foundation layer 2. A projecting part 3a is dispersed in an island shape for forming on the second foundation layer 3, and a foundation layer 10 is constituted of the first and the second foundation layers 2 and 3. Furthermore, CoFe, Cu, CoFe, and IrMn layers that are ferromagnetic, non-magnetic conductive, ferromagnetic, and antiferromagnetic layers 4, 5, 6, and 7, respectively, are successively laminated and a spin valve-type magnetic resistance effect film is formed, thus increasing a magnetic resistance change rate and a one-axis anisotropy magnetic field and improving magnetic sensitivity.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Best Available Copy

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-87803

(43)公開日 平成11年(1999)3月30日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 43/08
G 11 B 5/39
H 01 F 10/00

識別記号

F I
H 01 L 43/08
G 11 B 5/39
H 01 F 10/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願平9-244015

(22)出願日 平成9年(1997)9月9日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 及川 哲

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 前田 駿志

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

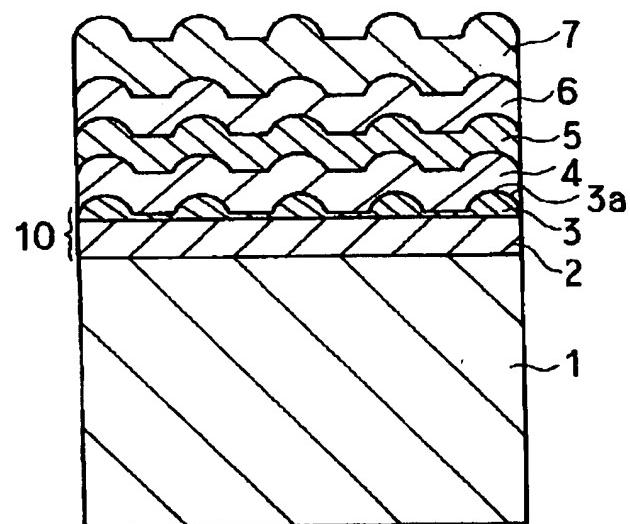
(74)代理人 弁理士 目次 誠 (外1名)

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57)【要約】

【課題】 高いMR比を有し、かつ良好な磁界感度を有する巨大磁気抵抗効果型の磁気抵抗効果素子を得る。

【解決手段】 凸部3aが島状に分散して設けられた下地層10の上に、強磁性層4、6と非磁性導電層5を積層した構造を有する磁気抵抗効果膜を形成したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 凸部が島状に分散して設けられた下地層と、

前記下地層の上に積層される、強磁性層と非磁性導電層を積層した構造を有する磁気抵抗効果膜とを備える磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記下地層が、前記凸部の底部において連続している下地層である請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記下地層が、前記凸部の底部において不連続な下地層である請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記下地層が、第1の下地層の上に第2の下地層を設けた下地層であり、第2の下地層に前記凸部が設けられている請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記第1の下地層と前記第2の下地層とが、それぞれ互いに非固溶の関係にある材料から形成されている請求項4に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記第1の下地層がTaから形成されており、前記第2の下地層がCuから形成されている請求項5に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 前記磁気抵抗効果膜が、第1の強磁性層及び第2の強磁性層と、前記第1の強磁性層と前記第2の強磁性層の間に設けられる非磁性導電層と、前記第1の強磁性層及び前記第2の強磁性層のいずれか一方と磁気的に結合する反強磁性層とを備えるスピンドル型の磁気抵抗効果膜である請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記磁気抵抗効果膜が、第1の強磁性層及び第2の強磁性層と、前記第1の強磁性層と前記第2の強磁性層の間に設けられる非磁性導電層とを備え、前記第1の強磁性層と前記第2の強磁性層の保磁力が実質的に異なる保磁力差型の磁気抵抗効果膜である請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記磁気抵抗効果膜が、強磁性層と非磁性導電層とを繰り返し積層した人工格子型の磁気抵抗効果膜である請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 基板上に第1の下地層を形成する工程と、

前記第1の下地層の上に、前記第1の下地層の材料と非固溶の関係にある材料を用いて、島状に分散した凸部を有する第2の下地層を形成する工程と、

前記第2の下地層の上に、強磁性層と非磁性導電層を積層した構造を有する磁気抵抗効果膜を形成する工程とを備える磁気抵抗効果素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気抵抗効果素子

2

に関するものであり、特に巨大磁気抵抗効果膜を用いた高い出力を有する磁気抵抗効果素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ハードディスク（HDD）に用いる再生専用の磁気ヘッドとして、近年、磁気抵抗効果型（MR）ヘッドが注目されている。MRヘッドは、外部磁界の変化を電気伝導率の変化により検出するヘッドであり、従来の誘導型磁気ヘッドに比べ高い磁界感度を有し、高密度記録化を図ることができる。このようなMRヘッドに用いる磁気抵抗効果材料としては、従来より、パーマアロイ等の3d遷移金属合金が採用されており、磁化方向の変化に対応した抵抗の増減（異方性磁気抵抗効果：AMR）で信号を検出している。

【0003】 しかしながら、最近、この従来のAMRに比べ一桁高い抵抗変化率を示す巨大磁気抵抗効果（GMR）型の磁気抵抗効果材料が見出され、注目されている。GMR材料は、一般に、強磁性層と非磁性導電層とを積層した積層構造を有している。

【0004】 このようなGMR材料の1つとして、人工格子型といわれるGMR材料がある。この人工格子型のGMR材料は、例えば、Co層とCu層とを交互に積層させ、Co-Co層間に反強磁性結合を形成させた磁気抵抗効果膜である。また、他のGMR材料として、保磁力差型及びスピンドル型のGMR材料が知られている。保磁力差型のGMR材料は、Cu層などの非磁性導電層の両側を異なる保磁力の磁性体層で挟んだサンドイッチ構造を有している。

【0005】 スピンドル型のGMR材料は、強磁性層と、非磁性導電層、強磁性層、及び反強磁性層を積層した構造を有しており、反強磁性層が一方の強磁性層と磁気的に結合することにより、この強磁性層の磁化をピン留めしている。このため、広い磁界領域で反平行磁化状態が安定化しており、磁気抵抗変化率（MR比）が高く、かつ磁界感度が高いところから、最も実用化に近いGMR材料とされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上述のようなスピンドル型のGMR材料を用いた磁気抵抗効果素子においては、高い磁界検出感度を得るため、MR比及び一軸異方性磁界（Hua）が高く、かつ磁界反転（フリー）層の保磁力（Hc）が低いことが望ましく、このような観点から種々の検討が成されている。しかしながら、従来のGMR材料を用いた磁気抵抗効果素子では、ある程度大きなMR比及び良好な磁界感度を示すものの、未だ不十分であり、さらに高いMR比及び良好な磁界感度を有する磁気抵抗効果素子の開発が求められている。

【0007】 本発明の目的は、高いMR比を示し、かつ良好な磁界感度を有する磁気抵抗効果素子を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気抵抗効果素子は、凸部が島状に分散して設けられた下地層と、該下地層の上に積層される、強磁性層と非磁性導電層を積層した構造を有する磁気抵抗効果膜とを備える磁気抵抗効果素子である。

【0009】本発明に従えば、凸部が島状に分散して設けられた下地層の上に磁気抵抗効果膜が設けられるので、下地層の凹凸を引継ぎ、磁気抵抗効果膜中の強磁性層と非磁性導電層の界面に凹凸が形成される。このように強磁性層と非磁性導電層の界面に凹凸が形成されることにより、磁気抵抗効果膜中を流れる電子がより多く界面を通過するため、磁気散乱の影響をより大きく受け、この結果として、大きなMR比を示すとともに、良好な磁界感度を示すものと思われる。

【0010】本発明において、下地層は、連続層であってもよいし、不連続層であってもよい。すなわち、下地層の凸部の底部において、連続していてもよいし、不連続であってもよい。すなわち、凸部のみが不連続に点在するような下地層であってもよい。

【0011】また、本発明において、下地層は、複数の層から形成されていてもよい。例えば、第1の下地層の上に第2の下地層を設けることにより下地層が構成されていてもよい。このような場合において、第2の下地層に凸部が設けられていてもよい。特に、第1の下地層と第2の下地層とを、それぞれ互いに非固溶の関係にある材料から形成することにより、第2の下地層に島状に分散した凸部を形成することができる。例えば、Taからなる第1の下地層を形成し、この第1の下地層の上にCuのようなTaに対し非固溶な関係の材料を用いて、スパッタリング法などによりその上に第2の下地層を形成すると、第2の下地層に島状に分散した凸部を形成することができる。このような非固溶な関係の材料としては、その他に、Ag-Co、Cu-Feなどが挙げられる。

【0012】本発明の製造方法は、下地層をこのような第1の下地層及び第2の下地層から形成することを特徴としている。すなわち、本発明の製造方法は、基板上に第1の下地層を形成する工程と、該第1の下地層の上に、該第1の下地層の材料と非固溶の関係にある材料を用いて、島状に分散した凸部を有する第2の下地層を形成する工程と、該第2の下地層の上に、強磁性層と非磁性導電層を積層した構造を有する磁気抵抗効果膜を形成する工程とを備えている。

【0013】本発明における下地層の凸部の寸法及び形状は、磁気抵抗効果膜の強磁性層と非磁性導電層の界面に適度な凹凸を形成できるものであれば特に限定されるものではないが、例えば、高さ0.5~10nm、膜面方向の径1~500nm程度の大きさの凸部が好ましい。また凸部の形成密度は、凸部の中心間の平均的な距

離が5~300nm程度となるような密度であることが好ましい。

【0014】本発明において下地層の上に積層される磁気抵抗効果膜は、強磁性層と非磁性導電層を積層した構造を有する磁気抵抗効果膜である。このような磁気抵抗効果膜として、例えば、スピナル型磁気抵抗効果膜、保磁力差型磁気抵抗効果膜、及び人工格子型磁気抵抗効果膜を挙げることができる。

【0015】スピナル型磁気抵抗効果膜は、第1の強磁性層及び第2の強磁性層と、該第1の強磁性層と該第2の強磁性層の間に設けられる非磁性導電層と、該第1の強磁性層及び該第2の強磁性層のいずれか一方と磁気的に結合する反強磁性層とを備える磁気抵抗効果膜である。

【0016】保磁力差型磁気抵抗効果膜は、第1の強磁性層及び第2の強磁性層と、該第1の強磁性層と該第2の強磁性層の間に設けられる非磁性導電層とを備え、該第1の強磁性層と該第2の強磁性層の保磁力が実質的に異なる磁気抵抗効果膜である。

【0017】人工格子型磁気抵抗効果膜は、強磁性層と非磁性導電層とを繰り返し積層した積層構造を有する磁気抵抗効果膜である。本発明における下地層及び磁気抵抗効果膜の各層を形成する方法は、特に限定されるものではなく、スパッタリング法、真空蒸着法及びCVD法などの一般的な薄膜形成方法を採用することができる。

【0018】本発明における磁気抵抗効果膜の強磁性層は、強磁性体から形成される層であれば特に限定されるものではなく、例えば、NiFe、Co、CoNiFe、CoFe等の強磁性体から形成することができる。

【0019】本発明における磁気抵抗効果膜の非磁性導電層は、導電性に優れた非磁性体から形成された層であれば特に限定されるものではなく、例えばCu、Agなどから形成することができる。

【0020】本発明における磁気抵抗効果膜の反強磁性層は、反強磁性体から形成された層であれば特に限定されるものではなく、例えば、FeMn、IrMn、及びNiMnなどの反強磁性合金や、NiO、CoO、及びFe₂O₃などの酸化物系反強磁性体などから形成することができる。

【0021】本発明における磁気抵抗効果素子は、一般に基板上に形成される。基板の材質は一般には、非磁性であれば特に限定されるものではなく、例えば、Si、TiC、Al₂O₃、及びガラスなどの基板を用いることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に従う磁気抵抗効果素子の一実施例を示す断面図である。Siからなる基板1の(100)面の上に、Taからなる第1の下地層2(膜厚6.5nm)が形成されている。第1の下地層2の上には、Cuからなる第2の下地層3が形成されて

いる。この第2の下地層3には、凸部3aが島状に分散して形成されている。本実施例において、凸部3aの底部は連続している。第1の下地層2及び第2の下地層3から、下地層10が構成されている。

【0023】第2の下地層3の上には、CoFeからなる第1の強磁性層4（膜厚5nm）、Cuからなる非磁性導電層5（膜厚2.5nm）、CoFeからなる第2の強磁性層6（膜厚3nm）、及びIrMnからなる反強磁性層7（膜厚15nm）が積層されている。

【0024】これらの第1の強磁性層4、非磁性導電層5、第2の強磁性層6、及び反強磁性層7から、スピンバルブ型の磁気抵抗効果膜が構成されている。第1の下地層2及び第2の下地層3、並びに磁気抵抗効果膜を構成する各層4～6は、いずれもイオンビームスパッタリング（IBS）法により形成されている。

【0025】図2は、図1に示す実施例において、基板1上に第1の下地層2及び第2の下地層3を形成した後の状態を示す断面図である。図2に示すように、第1の下地層2の上に形成された第2の下地層3には、粒子状の凸部3aが形成されている。本実施例では、上述のように、第1の下地層2の材料としてTaを用い、第2の下地層3の材料としてCuを用いている。TaとCuは互いに非固溶の関係にある。このように、第1の下地層2の材料及び第2の下地層3の材料として、それぞれ互いに非固溶の関係にある材料を用いることにより、図2に示すような粒子状の凸部3aが島状に分散して設けられた第2の下地層3を形成することができる。

【0026】図3は、基板1の上に第1の下地層2を形成した後の状態を示す原子間力顕微鏡写真である。なお、図3～図5、いずれも原子間力顕微鏡写真であり、記載した寸法から明らかなように、高さ方向の倍率を高め、高さ方向の寸法を強調して示している。

【0027】図4は、図3に示すTaからなる第1の下地層2の上に、Cuからなる第2の下地層3を形成した後の状態を示す原子間力顕微鏡写真である。図4に示す下地層3は、Cu膜厚換算レートを1.5nmとして形成した場合の薄膜である。ここでCu膜厚換算レートとは、表面が平坦な薄膜であれば30秒後にそのよう膜厚の薄膜を形成することができるデポジションレートである。Cu膜厚換算レートを1.5nmとして形成した図4の場合には、凸部3aの高さは、約7nmであり、凸部3aの膜面方向に沿う径（直径）は60～120nmであった。また、凸部3aの中心間の平均的な距離は、0.1～0.3μmであった。

【0028】図5は、Cu膜厚換算レートを2.25nmとした場合の第2の下地層3及びその凸部3aを示す原子間力顕微鏡写真である。図5に示すように、図4に示す凸部3aに比べ、より大きな凸部3aが形成されている。また凸部3aの形成密度が低くなっていることがわかる。

【0029】図6はCu膜厚換算レートを0.75nmにして第2の下地層3を形成した場合の、図1に示す磁気抵抗効果素子のMR曲線（MR比の外部磁界に対する変化を示す曲線）を示す図である。図6から明らかのように、最大のMR比は9.2%であり、一軸異方性磁界（Hua）は200Oeであり、フリー層の保磁力（Hc）は25Oeである。従って、高いMR比を示すとともに、良好な磁界感度を示すことがわかる。

【0030】図7～図9は、図1に示す実施例において、第2の下地層3を形成する際のCu膜厚換算レートを変化させて種々の磁気抵抗効果素子を作製し、得られた磁気抵抗効果素子の特性を示した図である。図7は、磁気抵抗効果素子のMR比（■）及び△R（□）を示しており、いずれも図1における下地層10を形成しない場合の値を1とした規格化値で表している。図8は、磁気抵抗効果素子のHc（○）及びHua（●）を同様に規格化値で表している。また、図9は第2の下地層における凸部の膜面方向の径を表している。

【0031】図7から明らかのように、本発明に従う実施例においては、いずれも高いMR比を示している。特に、Cu膜厚換算レートが0.75nm近傍で高いMR比及び△Rが得られている。また、アニール（260°C × 60分）を施しても、MR比の低下は認められなかった。

【0032】図1に示す実施例においては、磁気抵抗効果膜として、スピンバルブ型の磁気抵抗効果膜を用いている。本発明においては、例えば、図1に示すスピンバルブ型の磁気抵抗効果膜を逆の順序で積層させた磁気抵抗効果膜を用いてもよい。すなわち、反強磁性層7、第2の強磁性層6、非磁性導電層5、及び第1の強磁性層4の順で積層した磁気抵抗効果膜を用いてもよい。また、デュアルスピンバルブ型の磁気抵抗効果膜を用いてもよい。このようなデュアルスピンバルブ型の磁気抵抗効果膜としては、例えば、反強磁性層／強磁性層／非磁性導電層／強磁性層（フリー層）／非磁性導電層／強磁性層／反強磁性層の積層構造を有するものが挙げられる。

【0033】図10は、本発明に従う磁気抵抗効果素子の他の実施例を示す断面図である。図10に示す実施例では、磁気抵抗効果膜として、保磁力差型の磁気抵抗効果膜が用いられている。凸部3aを有する第2の下地層3の上には、Coからなる第1の強磁性層14（膜厚50Å）、Cuからなる非磁性導電層15（膜厚25Å）、及びFeからなる第2の強磁性層16（膜厚50Å）が、順次IBS法により形成され、積層されている。この磁気抵抗効果膜においては、非磁性導電層15の両側に、異なる保磁力を有する第1の強磁性層14と第2の強磁性層16が設けられ、保磁力差型の磁気抵抗効果膜を構成している。

【0034】図11は、本発明に従うさらに他の実施例

の磁気抵抗効果素子を示す断面図である。図11に示す実施例では、磁気抵抗効果膜として、人工格子型の磁気抵抗効果膜が設けられている。凸部3aを有する第2の下地層3の上には、Coからなる強磁性層24(膜厚20Å)とCuからなる非磁性導電層25(膜厚20Å)が複数回繰り返して積層されている。本実施例では、15回繰り返し積層されている。本実施例の磁気抵抗効果膜は、非磁性導電層25を挟む両側の強磁性層24間に反強磁性結合が存在しており、いわゆる人工格子型の磁気抵抗効果膜となっている。

【0035】図12は、本発明に従う磁気抵抗効果素子のさらに他の実施例を示す断面図である。図12に示す実施例においては、基板1の上に凸部20aを島状に分散して有する下地層20が形成されている。この下地層20の上に、図1に示す実施例と同様のスピンドル型の磁気抵抗効果膜が積層されている。このように、本発明においては、下地層が1つの層から形成されていてよい。

【0036】図13は、本発明に従う磁気抵抗効果素子のさらに他の実施例を示す断面図である。基板1の上には、凸部30aを島状に分散して有する下地層30が形成されている。本実施例において、下地層30は、不連続な薄膜であり、凸部30aの底部において隣接する凸部と不連続になっている。このように、本発明においては、凸部30aが不連続に点在するような下地層を用いてよい。本実施例では、このような不連続な下地層30の上に、図1に示す実施例と同様にスピンドル型の磁気抵抗効果膜が形成されている。

【0037】上記実施例においては、磁気抵抗効果膜として、スピンドル型、保磁力差型、及び人工格子型の磁気抵抗効果膜を例にして説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、強磁性層と非磁性導電層を積層した構造を有する磁気抵抗効果膜を備える磁気抵抗効果素子に対して適用することができる。

【0038】

【発明の効果】本発明に従えば、MR比及び一軸異方性磁界が高く、かつ良好な磁界感度を有する磁気抵抗効果素子とすることができます。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う磁気抵抗効果素子の一実施例を示す断面図。

【図2】図1に示す実施例において下地層を形成した後

の状態を示す断面図。

【図3】基板上に形成した第1の下地層の薄膜の状態を示す原子間力顕微鏡写真。

【図4】第1の下地層の上に形成した第2の下地層の薄膜の状態を示す原子間力顕微鏡写真。

【図5】第1の下地層の上に形成した第2の下地層の薄膜の状態を示す原子間力顕微鏡写真。

【図6】図1に示す実施例の磁気抵抗効果素子のMR曲線を示す図。

10 【図7】MR比及びΔRと第2の下地層のCu膜厚換算レートとの関係を示す図。

【図8】Hc及びHu aと第2の下地層のCu膜厚換算レートとの関係を示す図。

【図9】第2の下地層の凸部の径と第2の下地層のCu膜厚換算レートとの関係を示す図。

【図10】本発明に従う磁気抵抗効果素子の他の実施例を示す断面図。

【図11】本発明に従う磁気抵抗効果素子のさらに他の実施例を示す断面図。

20 【図12】本発明に従う磁気抵抗効果素子のさらに他の実施例を示す断面図。

【図13】本発明に従う磁気抵抗効果素子のさらに他の実施例を示す断面図。

【符号の説明】

1…基板

2…第1の下地層

3…第2の下地層

3a…第2の下地層の凸部

4…第1の強磁性層

30 5…非磁性導電層

6…第2の強磁性層

7…反強磁性層

10…下地層

14…第1の強磁性層

15…非磁性導電層

16…第2の強磁性層

20…下地層

20a…下地層の凸部

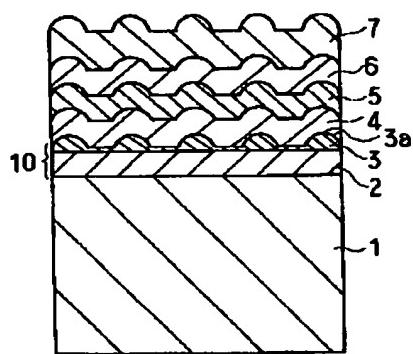
24…強磁性層

25…非磁性導電層

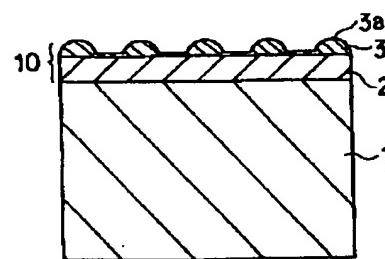
30…下地層

30a…下地層の凸部

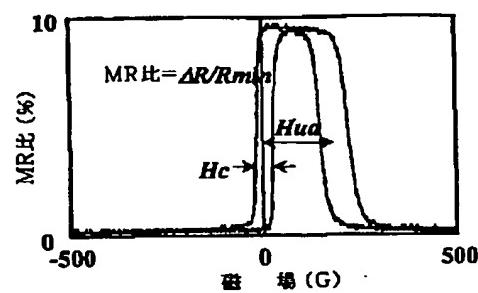
【図1】



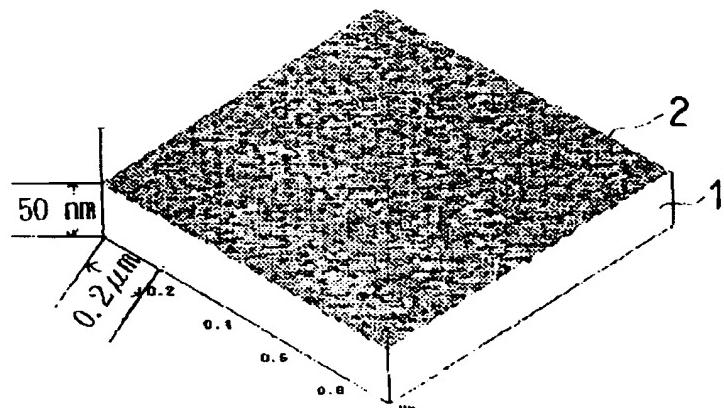
【図2】



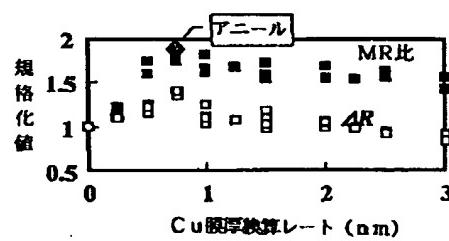
【図6】



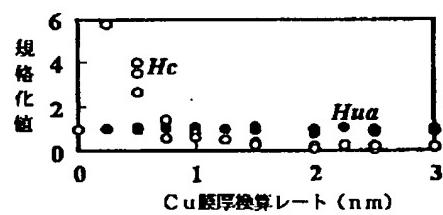
【図3】



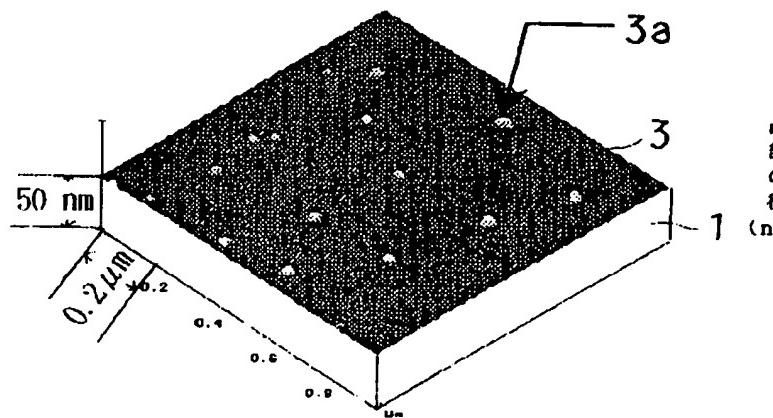
【図7】



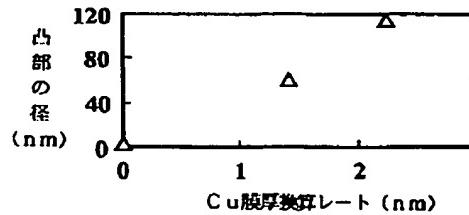
【図8】



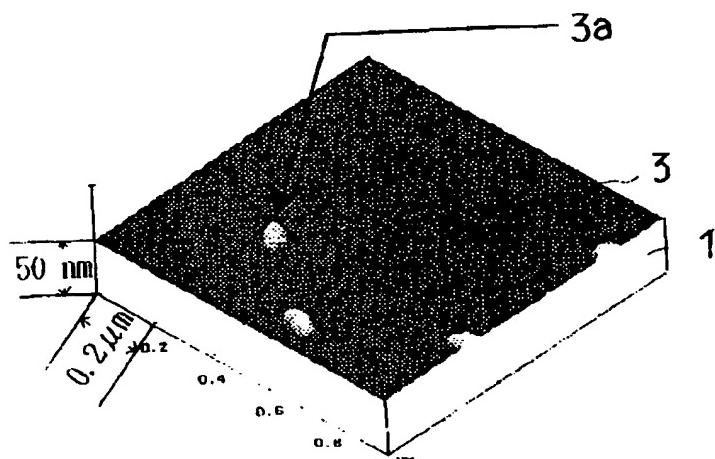
【図4】



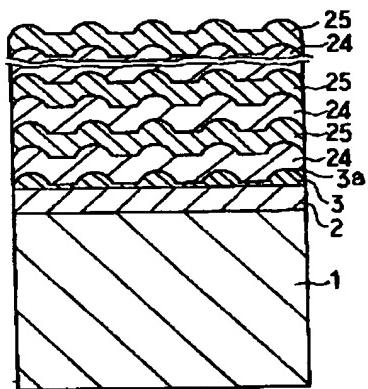
【図9】



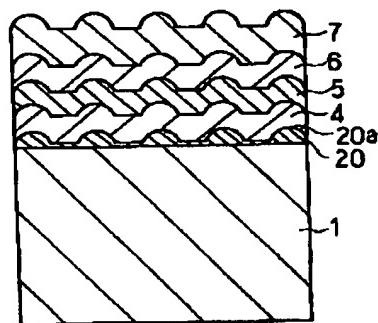
【図5】



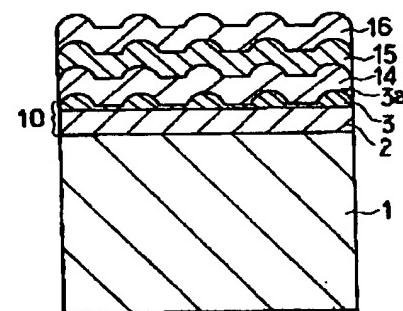
【図11】



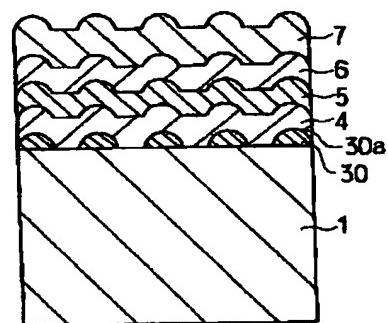
【図12】



【図10】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.